Fécamp le 27 Juin 1893

Monsieur

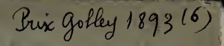
J'ai l'honneur de vous adresser quelques exemplaires d'un mémoire sur la Constitution du Lait que je désire présenter à la commission chargée de décerner cette année le Prix Gobley.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments distingués

Hauvin

Monsieur le Secrétaire de l'École de Pharmacie

à Paris



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

COMPRENANT

LE PROCÈS-VERBAL DES SÉANCES, LES MÉMOIRES

PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ

L'ANALYSE DES TRAVAUX DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE

PUBLIÉS EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

LA REVUE DES BREVETS, ETC.

EXTRAIT

1893

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain.

CONDITIONS DE LA PUBLICATION

DU

BULLETIN

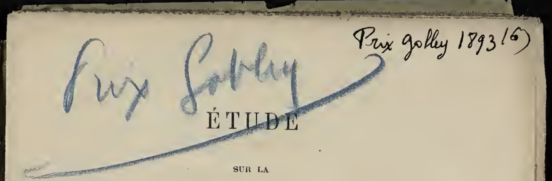
Le *Bulletin de la Société chimique* paraît le 5 et le 20 de chaque mois, et forme chaque année 2 volumes in-8° d'environ 600 pages.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :

Paris	25 fr.
Départements	26 fr.
Union postale	27 fr.

Chacune des années 1873 à 1886	20 fr.
A partir de l'année 1887	25 fr.

L'Éditeur possède quelques collections du *Bulletin de la Société chimique*, pour lesquelles il traite de gré à gré.



ÉTUDE

SUR LA

CONSTITUTION DU LAIT

(LE LAIT EST-IL ACIDE OU ALCALIN ?)

PAR

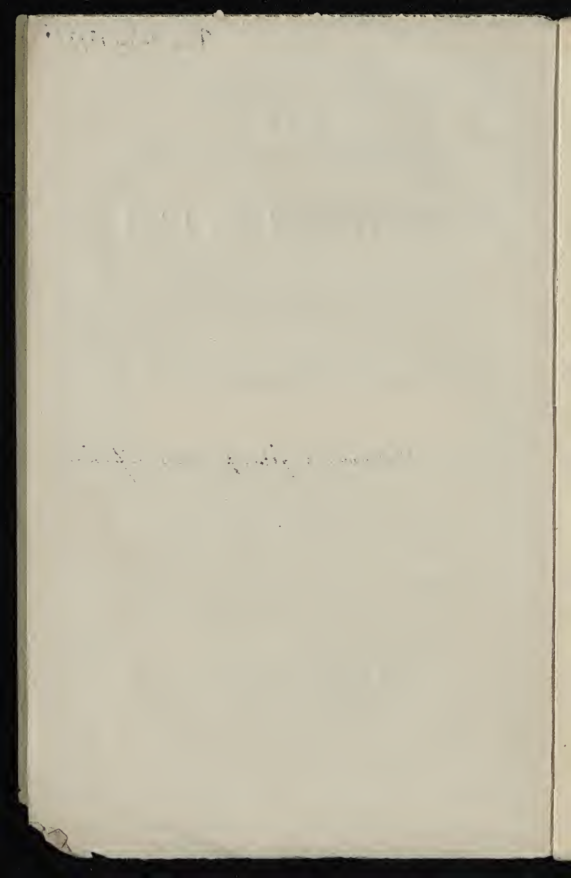
M. L. VAUDIN
Pharmacien de 1re classe. Ex-Interne des Hôpitaux de Paris,
Lauréat de l'École Supérieure de Pharmacie de Paris,
(*Grand Prix de l'École, Médaille d'Or de l'École pratique, 1er Prix Buignet.*)
Ancien Pharmacien des Hôpitaux Militaires, Lauréat du Val-de-Grâce.

Pharmacien à Fécamp (Seine-inférieure)

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*)

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1892



ÉTUDE

SUR LA

CONSTITUTION DU LAIT

(LE LAIT EST-IL ACIDE OU ALCALIN?)

La réaction acide ou alcaline que présente le lait au moment même de son émission par les femelles des mammifères a depuis longtemps préoccupé les chimistes qui ont analysé ce liquide; les recherches à cet égard sont nombreuses et émanent pour la plupart de savants dont les noms seuls devraient suffire pour exclure l'idée d'entreprendre un nouveau travail sur ce sujet.

Cependant, lorsque l'on considère les résultats si étrangement contradictoires qui sont consignés dans les publications de la première moitié de ce siècle et ceux qui sont relatés dans les travaux de ces vingt dernières années, on est profondément surpris de voir qu'à l'heure actuelle non seulement les divergences n'ont pas disparu, mais encore les dernières recherches, en consacrant cette idée émise par Donné, que le lait frais est à la fois acide et alcalin (1), ont encore rendu cette question plus obscure.

Les expériences que je vais relater ont pour but de la résoudre, et je déterminerai de plus quels sont les éléments qui donnent au lait la réaction qui lui est propre.

(1) *Bulletin de l'Académie de médecine*, t. **3**, p. 590 (1838-39). — ... M. Moreau demande s'il arrive quelquefois que l'on trouve dans les liquides animaux un acide et un alcali libre.

M. Lecanu, à l'appui du fait rapporté par M. Moreau, dit que tout récemment M. Donné vient de constater qu'un papier de tournesol plongé dans du lait avait rougi; tandis qu'en même temps, dans le même lait, un papier rougi avait été ramené au bleu.

Avant d'exposer mes recherches, je rappellerai brièvement les travaux des chimistes qui m'ont précédé dans cette étude.

HISTORIQUE

D'après Macquer (1), « le lait nouvellement trait, d'un animal frugivore en bonne santé et nourri des aliments qui lui conviennent, ne donne dans les éprouves chimiques aucune marque d'acidité ni d'alcalinité; il a une saveur douce... » Thomson (2) nous indique que le lait récemment émis rougit les couleurs bleues végétales; Berzélius (3) et Gmelin (4) font figurer l'acide lactique parmi les éléments contenus dans le lait.

Thénard (5), dans son *Traité de chimie*, range le lait au nombre des *liqueurs acides de l'organisme.* « En général, dit-il, le lait est toujours composé d'eau, de matière caséeuse, de sucre de lait, de matière grasse, de différents sels et d'une très petite quantité d'acide (du moins le lait de vache est toujours légèrement acide). » C'est aussi l'avis de Laugier (6), qui, ainsi que Thénard, rapporte cette acidité à l'acide acétique.

Payen (7) a étudié comparativement le lait de femme et celui de chèvre, en employant comme réactif colorant la teinture de tournesol; les conclusions auxquelles il est arrivé sont les suivantes : « On voit que le lait de femme diffère de celui de la chèvre par son alcalinité prononcée et par une proportion de près de moitié moindre de caséum. » Lassaigne (8) a examiné le lait de vache avant et après le part; il a trouvé que ce liquide était alcalin seulement dans la période qui précède le vêlage; quelques jours avant, l'acide lactique réapparaît. Ce chimiste a aussi analysé le lait de jument; il l'a trouvé fortement alcalin au tournesol (9). Donné, dans ses *Recherches sur le lait des nourrices* (10), nous indique que le lait est constamment alcalin chez la femme, la vache, l'ânesse et la chèvre; ailleurs, il a émis l'opinion, comme je l'ai rappelé plus haut, que le lait est à la fois acide et alcalin.

(1) Macquer, *Dictionnaire de chimie*, 1778, t. **2**, p. 400.
(2) Thomson, *Système de chimie*, 1809, t. **9**, p. 195.
(3) Berzélius, *Bulletin de pharmacie*, 1814, t. **6**, p. 141.
(4) Gmelin, *Chimie organique*, 1823, p. 196.
(5) Thénard, *Traité de chimie*, 1824, t. **4**, p. 561 et 597.
(6) Laugier, *Chimie générale*, t. **3**, p. 441.
(7) Payen, *Journal de chimie médicale*, 1828, t. **4**, p. 118.
(8) Lassaigne, *ibid.*, 1832, t. **8**, p. 143.
(9) Lassaigne, *ibid.*, 1836, 2e série, t. **2**, p. 187.
(10) Donné, *ibid.*, 1837, 2e série, t. **3**, p. 446.

Chevalier et Henry (1) ont publié en 1839 un important mémoire sur le lait dont il est intéressant de rappeler en entier ce passage : « Le lait est souvent acide chez la vache et la chèvre, assez souvent chez l'ânesse, mais rarement chez la femme. Cette acidité a été contestée par quelques chimistes; nous l'avons toutefois vérifiée en opérant dans une vacherie même... » Et plus loin, en renvoi : « M. d'Arcet ... a vu que dans certains cas le lait est plus ou moins acide; dans d'autres, il est alcalin. Il a reconnu qu'en général la nourriture à la betterave, aux navets, et surtout la reclusion des bestiaux donnent une acidité plus ou moins prononcée; tandis que les animaux qui sont nourris en plein air dans les pâturages naturels, comme cela a lieu en Suisse, dans certains cantons de la Normandie, donnent toujours un lait alcalin. »

Simon (2), Haidlen (3), ont constaté que chez la femme et la vache le lait était constamment alcalin; une seule fois, le lait a possédé une acidité marquée. Millon et Commaille (4) ont pu se procurer une quantité de lait de chatte suffisante pour en faire l'analyse ; ils ont reconnu que ce liquide avait une réaction légèrement acide.

Dans son livre sur le lait (5), publié en collaboration avec Bouchardat, Quevenne rappelle l'opinion de Donné sur l'alcalinité du lait à l'état normal, qui, dit-il : *se prêtant mieux à certaines vues physiologiques d'ensemble, a généralement prévalu;* mais ses expériences personnelles ne le conduisent pas aux mêmes conclusions; il a remarqué que « l'action du lait sur la teinture de tournesol étant purement et durablement acide, le mot propre qui doit exprimer cette faible prédominance, l'adjectif vrai qui doit être l'expression de la chose, est légèrement acide ».

Soxhlet (6) prétend que le lait n'est jamais neutre, et comme Donné il indique que le lait frais doit présenter à la fois les deux réactions. Cette double réaction, qu'il nomme *amphigène*, *amphotère* ou *amphichromatique*, est difficile à mettre en évidence et nécessite l'emploi de réactifs très sensibles, tels que le papier à double réaction de Mohr ou les plaques de gypse imprégnées de

(1) Chevalier et Henry, *Journal de chimie médicale*, 1839, t. **5**, p. 203.

(2) Simon, *Journal de pharmacie*, 1839, t. **25**, p. 351.

(3) Haidlen, *ibid.*, 1843, t. **3**, p. 467 et 469.

(4) Millon et Commaille, *Journal de chimie médicale*, 1867, 5e série, t. **25**, p. 351.

(5) Bouchardat et Quevenne, *le Lait*, 1857.

(6) Soxhlet, *Journal f. prakt. Chem.*, t. **6**, p. 14 à 29.

tournesol de Liebreich. Olof Hammarsten (1) dit que dans tous ses essais il n'a jamais manqué de constater la double réaction.

Auguste Vogel (2) a étudié l'action du lait sur la teinture de tournesol; il a remarqué que le lait est toujours neutre ou légèrement acide au tournesol et jamais alcalin. La teinture de tournesol rougie reprend sa couleur bleue par l'agitation ou des transvasements réitérés. Vogel attribue la coloration rouge à l'acide carbonique normal du lait.

Ailleurs, Vogel a au contraire émis l'idée que le lait est neutre ou alcalin (3), et il attribue cette dernière réaction à la présence de l'ammoniaque libre.

Tous ces chimistes ont employé dans leurs essais le tournesol, — papier ou teinture. Eugène Marchand, ayant remarqué que le caséum forme avec le tournesol une laque d'un bleu pâle dont l'apparition est difficile à saisir, a fait usage de la teinture de curcuma (4); il a constaté que le lait frais est acide vis-à-vis de ce réactif; mais, de plus, il a eu l'idée de mesurer le volume de liqueur alcaline nécessaire pour rendre neutre le lait mis en expérience. Ce savant a pensé que l'acidité du lait était due à la présence d'une petite quantité d'acide lactique libre, mais il n'a pas fait d'expériences pour vérifier cette assertion; il n'a pas non plus recherché la cause des variations dans l'acidité, qu'il a signalées. Voici du reste comment il s'exprime dans son mémoire : « ... Les termes extrêmes de la proportion d'acide lactique libre que j'ai constatée jusqu'à présent (sur une centaine d'échantillons de provenances diverses) oscillent entre $0^{gr},82$ et $4^{gr},22$; comparée à celle des autres éléments, elle est relativement considérable, puisqu'elle peut s'élever à un douzième et même à un huitième du poids des matières protéiques, concomitantes avec elle dans le lait, et que lorsque l'on soumet celui-ci à l'analyse elle en exagère alors la quantité dans des rapports quelquefois encore plus rapprochés, puisque ces matières étant habituellement dosées par différence, leur poids se trouve encore accru de celui de tous les éléments qu'il importe de doser et qu'on a tort de ne pas apprécier. »

(1) *Milchzeitung*, 1875, t. **118**, p. 1249.

(2) *Répertoire de pharmacie*, 1873, p. 325 (d'après *Nouv. Répert. de Buchner*, 1873, p. 233).

(3) *Journal f. prakt. Chem.*, t. **7**, p. 137.

(4) Eug. Marchand, Étude sur la fermentation lactique du lait (*Annales agronomiques*, 1878, p. 404).

Jacopo Rava (1) a aussi admis que le lait de vache renferme de l'acide lactique libre à la sortie du pis.

Tel était l'état de la question quand, il y a deux ans, j'ai commencé ce travail.

Dans ce qui va suivre, je rechercherai successivement :

1° Quelle est la matière colorante la plus convenable pour étudier la réaction du lait; de quel ordre est cette réaction, c'est-à-dire quelle est la résultante des actions chimiques exercées par les différents éléments constituant le lait sur le réactif coloré choisi; quelle est sa valeur pour le lait des différentes espèces de mammifères ?

2° Quelles sont les variations qui apparaissent dans le lait d'une même espèce sous les influences suivantes : (*a*) la gestation et la parturition; (*b*) la race; (*c*) le régime alimentaire; (*d*) la nature du sol ?

3° Quelle est la modification que subit la réaction du lait lorsqu'on le soumet à l'action de divers agents capables d'en changer la composition : chaleur, alcool, présure, filtre ?

4° A quels éléments faut-il attribuer la réaction du lait?

I. — Les matières colorantes d'origine végétale employées en acidimétrie formant pour la plupart une laque avec le caséum, j'ai fait usage de divers produits tinctoriaux désignés dans le commerce sous le nom d'hélianthine B, de rouge congo; j'ai employé aussi l'acide rosolique et la phtaléine du phénol. Après des essais comparatifs j'ai donné la préférence à cette dernière substance avec laquelle j'ai obtenu des résultats complètement satisfaisants. Elle ne communique aux liquides acides aucune coloration et elle vire brusquement au rouge avec une trace d'alcali (2). Elle titre nettement les acides chlorhydrique, sulfurique, acétique et citrique; elle accuse l'acide phosphorique comme bibasique; d'ailleurs, elle n'est pas modifiée par les alcools, glycérine, mannite, phénol... (3).

Pour savoir si le lait est acide ou alcalin, voici le mode opératoire que j'ai suivi :

On colore de l'eau distillée, à laquelle on a ajouté préalablement quelques gouttes de solution alcoolique de phtaléine à 1/100, avec la plus petite quantité possible de lessive de soude étendue; et l'on verse dans ce liquide 10 à 20 centimètres cubes du lait frais à

(1) Jacopo Rava, *l'Aciditat del latte in rapporto alla fabricazione del formaggio*. Lodi, 1887.

(2) Joly, *C. R. Acad. des sc.*, t. **100**, p. 55; 1885.

(3) Berthelot, *Bull. Soc. chim.*, t. **43**, p. 536; 1885.

essayer. La coloration est détruite aussitôt avec le lait de brebis, de chèvre, de vache; elle est un peu plus lente à disparaître avec le lait de femme, de jument, d'ânesse, do truie, de chienne, mais *dans aucun cas* la coloration ne persiste après l'addition du lait.

Le lait des ruminants présente donc avec la phénolphtaléine une *réaction manifestement acide;* avec le lait des autres mammifères que je viens de citer, l'action, tout en étant moins prononcéo, est également caractéristique.

Cette constatation faite, j'ai recherché quelle est la valeur de cette acidité dans le lait do ces différentes espèces de mammifères.

Pour effectuer ce dosage, j'ai employé une liqueur de soude étendue dont *un centimètre cube correspond à un centigramme d'acide phosphorique anhydre* (PhO^5).

J'ai opéré de la façon suivanto :

Dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, on verse quolquos gouttes de solution au centième de phénolphtaléine, puis de la solution de soude pour obtenir une coloration rouge violet franche ; on ajoute ensuite 20 centimètres cubes de lait avec une pipette jaugée, le liquide devient blanc, on fait réapparaître la couleur immédiatement au moyen de la solution sodique. Supposons quo pour arriver à ce résultat il faille $2^{cc},5$: par un calcul simple on en déduit que l'acidité du lait mis en expérience, évaluée en acide phosphorique, est égale à

$$\frac{0,025 \times 1000}{20} = 1^{gr},25 \text{ par litre.}$$

Les tableaux suivants indiquent les résultats que j'ai obtenus avec le lait d'animaux de plusieurs espèces. A la lecture, deux choses capitales nous frappent : la première, c'est que, pour une même série d'animaux produisant un *lait normal*, fourni plus de quinze jours après la parturition, par une femelle en parfait état de santé et nourrie avec des aliments convenables et suffisants, l'*acidité est relativement peu variable;* la seconde, c'est la différence très notable qui existe entre le lait des ruminants et ceux de la femme, de la jument, de l'ânesse... La réaction acide de ceux-ci est si pou prononcée que l'on s'explique facilement pourquoi, jusqu'à présent, on les avait considérés comme neutres ou légèrement alcalins. Remarquons en passant que ces derniers sont très sucrés et relativement pauvres en matières protéiques; c'est un fait sur lequel nous aurons à revenir à la fin de ce travail, je tenais à faire ce rapprochement dès à présent.

Lait de vache.

(Expériences faites dans les fermes des environs de Fécamp, sur le lait fourni par des vaches normandes, Durham ou normandes croisées.)

(1) *Acidité par litre évaluée en acide phosphorique anhydre.*

NUMÉROS.	A.	B.	C.	D.	E.	F.
1	1.12	1.00	1.05	0.92	1.28	1.36
2	1.30	0.92	0.88	0.84	1.00	1.00
3	1.18	1.00	0.92	1.16	1.40	1.04
4	0.98	0.80	0.96	1.16	1.08	1.36
5	1.23	»	1.10	1.00	1.28	1.20
6	1.27	»	1.10	0.88	1.12	1.12
7	1.02	»	»	1.20	1.40	1.20
8	1.34	»	»	1.32	1.00	1.00
9	1.06	»	»	1.05	1.12	1.08
10	1.20	»	»	1.10	0.88	1.04
11	1.32	»	»	»	1.16	1.16
12	1.05	»	»	»	0.88	1.16

A. Vaches nourries au pâturage et au trèfle incarnat (mai-juin).
B. — au trèfle, à l'avoine verte et au colza (août).
C. — au trèfle incarnat (août).
D. — à l'avoine verte et à la vesce (août).
E. — paille, foin, tourteaux de colza et de coton (février).
F. — avec des résidus de distilleries de betteraves, paille, foin et son (février).

(2) *Laits de chèvre et de brebis.*

NUMÉROS.	A.	B.	NUMÉROS.	A.	B.
1	1.17	1.70	6	1.20	1.50
2	1.08	1.35	7	1.32	1.85
3	1.10	1.65	8	1.40	1.60
4	0.64	2.15	9	1.04	1.40
5	0.92	2.05	10	1.28	1.65

A. Lait de chèvres nourries au pâturage (juin-juillet). — L'échantillon n° 4 a été fourni par une chèvre fatiguée que l'on avait traite plusieurs fois incomplètement dans l'espace de quelques heures.

B. Lait de brebis nourries au pâturage, provenant de la traite du matin (mai-juin).

*

(3) *Lait de femme.*

NUMÉROS.	AGE DU LAIT.	DENSITÉ.	ACIDITÉ.
1	5 mois	1.030	0.22
2	4 —	1.0276	0.21
3	6 —	1.031	0.23
4	7 —	1.0304	0.36
5	3 —	1.032	0.33
6	3 —	1.031	0.32
7	14 —	1.0295	0.27
8	9 —	1.026	0.21
9	15 —	1.034	0.12
10	19 —	1.029	0.11
11	15 jours	1.029	0.15
12	9 mois	1.029	0.16

(1) *Laits de jument et d'ânesse.*

NUMÉROS.	LAIT de jument.	LAIT d'ânesse.	NUMÉROS.	LAIT de jument.	LAIT d'ânesse.
1	0.28	0.30	6	0.40	»
2.	0.30	0.36	7	0.44	»
3	0.23	0.32	8	0.41	»
4	0.21	»	9	0.36	»
5	0.36	»	10	0.36	»

Lait de chienne.

Animal nourri au pain (âge du lait : trois mois).

Acidité 0.68

Lait de truie.

Acidité 0.34

Lait de chatte.

Nettement acide au tournesol (papier).

II. — Nous venons de voir que le *lait normal est acide* au moment même de son émission; examinons maintenant quelles sont les causes des variations que présente cette réaction.

En premier lieu je placerai l'influence de la gestation.

Dans les premiers mois de la grossesse, le lait ne présente pas de modifications sensibles ; ce n'est que lorsque la mamelle est sur le point de se tarir que l'on trouve une différence notable dans la composition et dans la réaction. Pour faire cette étude, j'ai analysé

du lait de vache obtenu dans les derniers jours de la lactation, la veille du vêlage et les jours qui l'ont suivi. J'indique ci-après non seulement les variations de l'acidité, mais encore la composition des échantillons de lait examinés ; celle-ci nous sera très utile à connaître, lorsque nous voudrons discuter la signification de la réaction du lait.

Analyses de lait de vache (1)

(5) indiquant l'influence de la gestation et de la parturition.

NUMÉROS.	DATES des analyses.	ACIDITÉ par litre.	EXTRAIT pour 100 p.	BEURRE.	SUCRE.	MATIÈRES protéiques.	CENDRES solubles.	CENDRES insolubles.	PHOSPHATE de chaux.
	1891.								
I	23 novembre	0.48	12.20	3.28	2.85	5.21	0.42	0.46	0.29
II	3 décembre	0.64	11.77	1.06	0.00	9.73	0.563	0.462	0.22
	1892.								
III	1er février	3.48	27.615	1.30	1.523	23.7	0.278	0.809	0,622
IV	3 —	2.76	24.49	6.32	2.17	14.911	0.250	0.839	0.63
V	8 —	1.60	14.37	5.18	4.07	4.35	0.235	0.535	0.40
VI	14 —	1.36	13.83	4.72	4.87	3.51	0.21	0.52	0.34
VII	20 —	1.14	15.03	5.72	4.85	3 78	0.20	0.48	0.36

Observations. — I. La vache donnait à peine un litre de lait dans la journée.

II. Depuis cinq ou six jours on ne trayait plus l'animal, l'échantillon qu'on a pu obtenir était peu considérable, 70 centimètres cubes environ ; il était très jaune et présentait à l'examen microscopique de nombreux débris cellulaires.

IV. Échantillon du jour du vêlage.

. . . .

(1) Ces analyses ont été faites dans les conditions suivantes : l'*extrait* a été dosé par évaporation, à l'étuve à air chaud, de 10 centimètres cubes de lait, placés dans des capsules cylindriques à fond plat en platine de 7 centimètres de diamètre et 2 centimètres de hauteur. Le *beurre* a été obtenu au moyen de l'appareil d'Adam. La *lactose* a été dosée directement sur le lait étendu de 4 fois son volume d'eau.

Le dosage des *cendres solubles* et *insolubles* et du *phosphate de chaux* a été effectué ainsi : on carbonise l'extrait et on le traite par l'eau distillée bouillante à cinq ou six reprises ; le liquide obtenu est filtré et évaporé pour avoir les cendres solubles ; le filtre est incinéré avec son contenu pour avoir les cendres insolubles. Quand on a pesé ces dernières, on les dissout dans l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique et on traite la solution par l'ammoniaque : le phosphate de chaux qui se dépose est recueilli sur un filtre lavé, séché, calciné et pesé.

Le poids des *matières protéiques* a été évalué par différence en retranchant de celui de l'extrait le poids des autres éléments dosés.

Il résulte de ces analyses que la réaction acide du lait diminue de près de moitié lorsque la vache pleine est sur le point de cesser de donner du lait; elle augmente au contraire, et devient deux à trois fois plus grande qu'en temps ordinaire quand l'époque du vêlage approche.

J'ai constaté cette diminution et cette augmentation dans tous les cas où je les ai recherchées.

L'on sait que la nourriture des bestiaux a une certaine influence sur la qualité du lait; j'ai fait quelques essais dans le but de déterminer les variations qui se produisent en changeant le régime alimentaire.

On a pu voir dans le tableau I qu'il semblait y avoir de légères différences; pour résoudre la question avec certitude, j'ai opéré sur le lait fourni par un lot de quatre vaches normandes nourries différemment.

NATURE DES ALIMENTS.	ACIDITÉ PAR LITRE.			
	I.	II.	III.	IV.
Trèfle incarnat	1.25	1.12	1.04	1.16
Avoine verte, trèfle et colza	1.00	1.05	0.90	1.00
Tourteaux de colza et de coton, paille et foin	1.40	1.08	1.00	1.28
Résidus de distillerie de betteraves, paille, foin et son	1.36	1.04	1.00	1.36

L'écart, comme on le voit, est en général assez faible pour la même vache; si l'on examine maintenant le lait des trois traites de la journée, l'on remarque que le lait du soir est presque toujours moins acide que celui de midi et du matin.

	ACIDITÉ PAR LITRE.			
	I.	II.	III.	IV.
Lait du matin	1.28	1.12	1.40	1.00
— du midi	1.28	1.00	1.40	1.08
— du soir	1.12	0.88	1.16	0.88

L'acidité du lait ne varie pas non plus d'une façon sensible d'une race à l'autre; je l'ai déterminée sur le lait d'une douzaine de vaches

dont six appartenaient à la race normande pure, les autres à la race Durham. Ces animaux faisant partie de la même exploitation recevaient exactement la même nourriture ; le vêlage avait eu lieu depuis six semaines à trois mois. Les chiffres trouvés sont très voisins.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Lait de vache normande........	1.36	1.00	1.04	1.00	1.04	1.28
— Durham..........	1.20	1.12	1.20	1.08	1.04	1.16

J'ai étudié l'influence qu'exerce la nature du sol sur le lait des vaches nourries sur des terrains différant surtout au point de vue de leur richesse calcaire. Voici les résultats que j'ai obtenus :

Influence de la nature du sol.

NUMÉROS.	A.	B.	C.
1	1.36	1.21	1.20
2	1.00	0.96	1.40
3	1.28	1.04	1.24
4	1.08	1.02	1.00
5	1.04	1.04	1.40
6	1.16	0.92	1.16

A. Lait de vaches normandes et Durham d'une ferme des environs de Fécamp nourries à l'étable avec des résidus de distilleries de betteraves, paille, foin et son (janvier 1892).

Nature du sol. La couche de terre arable qui recouvre les plateaux avoisinant la mer à Fécamp est formée d'argile à silex peu calcaire qu'on est souvent obligé de marner.

B. Lait de vaches hollandaises et de diverses races croisées, nourries en liberté au pâturage dans la vallée de la Marne à Rouvroy (Haute-Marne) (septembre 1891).

Nature du sol. Terrain très calcaire appartenant au jurassique moyen.

C. Lait de vaches appartenant aux races bretonne et mancelle, nourries à l'étable avec son, foin et choux verts dans une ferme voisine de Châteaubriant (Loire-Inférieure).

Nature du sol. Sol peu calcaire (terrain silurien).

Les variations dans l'acidité que nous remarquons sont surtout

importantes au point de vue individuel; d'une race à l'autre, elles sont peu appréciables ou nulles. Quant à la nature des aliments et à la constitution du sol arable, elles semblent aussi avoir une certaine influence, mais celle-ci est loin d'être aussi caractérisée que celle qui résulte de l'individualité et surtout de l'approche du vêlage.

III. — Que devient l'acidité du lait quand on soumet ce liquide à l'action de la chaleur? Cette question était intéressante à élucider; nous avons vu en effet que Laugier, Thénard, ont supposé que le lait doit sa propriété de rougir les couleurs bleues végétales à l'acide acétique libre, Vogel prétend que c'est à l'acide carbonique que cette action est due.

L'expérience suivante montre que ces deux assertions sont erronées.

20 centimètres cubes de lait de brebis, étendus de 100 centimètres cubes d'eau, exigent pour avoir la teinte rouge violacée de la phénolphtaléine $4^{cc},3$ de la solution alcaline.

20 centimètres cubes du même lait dilué sont portés à l'ébullition pendant un quart d'heure; le liquide après refroidissement est ramené à son volume primitif et titré. Il faut $4^{cc},2$ pour arriver à la neutralité.

Plusieurs opérations faites sur du *lait de vache frais ou bouilli* ont donné des résultats analogues.

Cette recherche, en détruisant les hypothèses précitées, indique aussi que l'acide carbonique gazeux qui est contenu dans le lait (1) joue un rôle insignifiant ou nul vis-à-vis de la phtaléine dans les conditions où je me suis placé pour faire mes dosages; on sait que lorsque le gaz carbonique se trouve en proportion notable, le virage de cette matière colorante est retardé.

L'action de la chaleur sur le lait démontre que sa réaction n'est pas due à des éléments volatils; le traitement par l'alcool va nous faire voir que ce n'est pas non plus à des acides libres fixes qu'il faut la rapporter.

Prenons 50 centimètres cubes de lait nouvellement trait, et ajoutons-y de l'alcool à 90° pour avoir un volume final de 150 centimètres cubes, une partie des matériaux fixes est précipitée; on jette le mélange sur un filtre et on dose l'acidité sur 60 centimètres

(1) Hoppe, Sur les gaz du lait (*Journ. de pharm. et de chim.*, 1880, t. **37**, p. 237.)

cubes de liquide (1) qui correspondent, en ne tenant pas compte du changement de volume résultant de la séparation des matières grasses, protéiques et salines entraînées, à 20 centimètres cubes de lait. Si l'on compare le résultat trouvé à celui obtenu avec le lait frais, on constate une différence très marquée.

Voici les chiffres trouvés avec quatre échantillons de lait :

	Lait frais.	Lait traité par l'alcool et filtré.
I	1.22	0.59
II	1.28	0.64
III	1.40	0.56
IV	2.76	0.40

Le dernier a été fourni par une vache qui avait vêlé la veille.

Il est bien évident que si la réaction du lait était due à l'acide lactique libre, il se retrouverait en totalité dans le liquide filtré : or on constate à la suite du traitement alcoolique une diminution de près de moitié dans la valeur de l'acidité. Avec l'échantillon IV qui est un lait anormal, la perte subie est beaucoup plus considérable, elle est des six septièmes environ.

L'action de la présure sur le lait offre aussi beaucoup d'intérêt.

Si, aussitôt après la traite, on emprésure et qu'on filtre après séparation du caséum sur un papier Berzélius, le liquide passé a une réaction beaucoup moins accentuée que le lait normal. On en jugera du reste par les chiffres consignés dans le tableau ci-après :

Acidité du lait de vache.

Numéros.	Normal.	Après traitement par la présure.
1	1.00	0.56
2	1.16	0.72
3	1.16	0.85
4	1.00	0.65
5	0.92	0.57
6	1.12	0.60
7	1.00	0.64

(1) Les alcools du commerce étant généralement un peu acides, il est nécessaire de faire une correction correspondante à la quantité d'alcool employé. On la détermine en mélangeant 40 centimètres cubes d'alcool à 80 centimètres cubes d'eau distillée dans laquelle on a versé quelques gouttes de phénolphtaléine, et en ajoutant ensuite de la liqueur sodique jusqu'à coloration persistante. Le volume employé est déduit de celui qui est nécessaire dans l'expérience ci-dessus.

Numéros.	Normal.	Après traitement par la présure.
8	1.04	0.60
9	1.04	0.68
10	0.88	0.60
11	1.01	0.60
12	1.40	1.00

Les résultats obtenus dans ce cas sont analogues à ceux trouvés avec l'alcool, sauf que la différence entre les deux nombres représentant l'acidité du lait initial et celle du lait privé de caséum est ici un peu plus faible.

Il est encore un fait sur lequel je désire ici attirer l'attention. Deux échantillons de lait peuvent avoir la même acidité, et cependant ne pas fournir, après l'action de la présure, un sérum ayant la même réaction; c'est ainsi qu'avec les nos 2 et 3 l'acidité est de 1.16, elle est égale après la séparation des matières protéiques à 0.72 et 0.85. Les échantillons 1 et 3, 8 et 9 sont aussi dans le même cas.

Cette différence dans l'acidité du liquide où s'effectue la coagulation du caséum influe vraisemblablement sur la durée de ce phénomène, j'ai tenu à signaler cette cause.

Nous allons maintenant étudier l'action du filtre sur le lait nouvellement trait au point de vue qui nous occupe.

Pour cela il est nécessaire de se placer dans des conditions particulières afin que, pendant la durée de l'expérience, la fermentation lactique ne puisse s'établir et que la réaction du liquide reste sensiblement la même. On arrive à ce résultat en opérant à une température peu élevée.

Le 20 décembre 1891, j'ai filtré du lait de chèvre sur un papier Berzélius épais quadruple; il a fallu pour neutraliser 20 centimètres cubes du liquide passé 1 centimètre cube de liqueur sodique, tandis que le lait initial avait exigé 1cc,85.

Ce mode de filtration est défectueux, le liquide obtenu est plus ou moins opaque, et les résultats trouvés ne sauraient être comparés entre eux; j'ai donc dû faire usage d'un autre procédé.

J'ai eu recours à l'appareil imaginé par M. Duclaux (1) pour isoler les matériaux en suspension de ceux qui se trouvent dissous dans le lait. Il se compose d'un vase poreux cylindrique de petites dimensions fermé par un bouchon de caoutchouc percé d'un trou et relié à la machine pneumatique par un tube en caoutchouc à faible

(1) Duclaux, le lait (*Études chimiques et microbiologiques*, p. 91; 1887).

ouverture. Si l'on plonge ce vase dans du lait, de façon que le bouchon soit recouvert et que l'on fasse le vide, on aura après quelques heures assez de liquide filtré pour pouvoir en déterminer exactement l'acidité. En opérant à une température suffisamment basse (et les opérations dont je vais indiquer les résultats ont été faites entre 0 et 5°), on peut affirmer que le lait est resté le même au point de vue qui nous inquiète, pendant toute la durée de l'opération.

Avant d'employer cette méthode, il importait aussi de savoir si le vase poreux constituait un filtre parfaitement neutre. Malheureusement il n'en est rien : si l'on filtre une solution d'un sel acide de titre connu au moyen de cet appareil, on trouve que l'acidité du liquide obtenu est moins élevée. Mais si, poursuivant l'expérience, nous filtrons une certaine quantité de solution, nous arrivons à avoir dans le tube un liquide ayant même teneur en acide que celui du vase extérieur.

Cette constatation faite, j'ai à la même date que ci-dessus, dans un appartement dont la température était comprise entre 1° et 2°, procédé à la filtration d'un échantillon de lait de vache dont l'acidité était de 1.04. Cinq dosages acidimétriques, faits successivement au fur et à mesure de la filtration du liquide, ont fourni les chiffres suivants :

Numéros.	
1	0.24
2	0.48
3	0.56
4	0.56
5	0.56

Dans les filtrations que j'ai faites ensuite avec d'autres échantillons, j'ai poursuivi l'expérience jusqu'à ce que deux dosages consécutifs donnent les mêmes nombres.

Voici les résultats que j'ai obtenus avec plusieurs laits de vache.

Acidité du lait de vache.

Numéros.	Avant filtration.	Après filtration.
1	1.04	0.56
2	1.44	0.88
3	1.00	0.48
4	1.28	0.64
5	1.04	0.48
6	0.92	0.48
7	1.12	0.52

Ainsi, quel que soit le moyen employé, la séparation d'une partie des éléments du lait avec l'alcool, le filtre, la présure, entraîne une diminution dans l'acidité.

IV. — Quels sont les éléments qui donnent au lait la réaction acide ?

Sous l'influence de certains agents capables d'éliminer une partie des matériaux qui le constituent, la valeur de cette acidité est moins élevée; cherchons parmi les corps précipités ceux dont la disparition peut expliquer ce déficit.

Prenons un échantillon de lait de vache (l'animal était nourri presque exclusivement avec des betteraves) et soumettons-le à l'analyse par la méthode de M. Duclaux (1); sa composition est la suivante :

	Éléments en suspension.	Éléments en solution.
Matière grasse	3.15	»
Sucre de lait	»	5.01
Caséine	3.14	1.02
Phosphate de chaux	0.19	0.18
Sels solubles	»	0.39
Extrait pour 100 parties	6.48	6.60
Acidité du lait avant filtration		1.44
— après filtration		0.88
Différenee		0.56

La filtration a séparé par litre 31gr,50 de beurre, 31gr,40 de caséine et 1gr,9 de phosphate de chaux; la diminution de l'acidité (évaluée en acide phosphorique anhydre PhO^5), par suite de ce fait, est égale à 0gr,56 par litre.

Le phosphate de chaux est le seul élément minéral en suspension resté sur le filtre ; M. Duclaux a le premier établi ce fait important, je l'ai constaté moi-même dans toutes les analyses que j'ai effectuées par sa méthode; on ne peut donc, pour expliquer le changement dans la réaction, mettre en cause les sels retenus par le vase poreux.

Quant aux matières grasses, il est bien évident qu'elles ne jouent aucun rôle, l'acidité du lait diminuant vers la fin de la traite à mesure qu'il s'enrichit en beurre, ainsi que je l'ai constaté bien souvent.

La conclusion qui s'impose maintenant est la suivante : les ma-

(1) Duclaux, *loc. cit.*, p. 171.

tières protéiques — caséine colloïdale ou en suspension — *isolées par le filtre* sont acides.

Il est facile d'ailleurs de mettre *directement* en évidence cette acidité, en recueillant une partie des matières protéiques retenues par le vase poreux et en les délayant au mortier dans l'eau distillée. En ajoutant au liquide obtenu de la phénolphtaléine, on remarque qu'il faut l'additionner d'une quantité notable de lessive de soude pour arriver à la coloration.

Mais ce n'est pas tout : si nous comparons les nombres exprimant l'acidité après l'action du filtre, de la présure, de l'alcool, en opérant sur le lait analysé, nous ferons une nouvelle remarque :

Acidité du lait initial	1.44
— du lait filtré	0.88
— du lait traité par la présure et filtré au papier	1.00
— du lait traité par l'alcool (2 vol.) et filtré	0.56

Le lait emprésuré et filtré au papier est plus acide que le lait recueilli dans le tube poreux, les matières protéiques n'ayant pas été séparées d'une façon parfaite dans le premier cas; par contre, la précipitation par l'alcool a entraîné non seulement la caséine colloïdale et en suspension, mais encore de la caséine dissoute. C'est à l'élimination partielle de cette dernière qu'est dû l'écart entre ces deux chiffres. Il était, du reste, à penser que si les matières protéiques en suspension possèdent une fonction acide, celles qui sont à l'état de solution ont aussi la même propriété et même plus accentuée. C'est ce que je vais essayer de démontrer expérimentalement.

En étudiant les influences diverses qui peuvent modifier la caséine, M. Duclaux a découvert ce fait important que, sous l'action de l'eau, la caséine colloïdale peut se changer partiellement en caséine soluble (1) ; sous l'influence de la chaleur, la transformation inverse semble aussi s'effectuer.

Prenons du lait filtré au vase poreux et chauffons-le jusqu'à ce qu'il commence à se troubler; à ce moment, il devient un peu moins fluide, l'équilibre qui existait entre ses différentes parties est rompu, et il se forme au sein du liquide un dépôt floconneux assez abondant. Laissons-le se rassembler au fond du tube et recueillons-le sur un filtre. A l'analyse, nous voyons qu'il est soluble dans l'acide nitrique étendu en ne laissant qu'un résidu à peine appréciable, formé vraisemblablement par une petite quantité de

(1) Duclaux, *loc. cit.*, p. 130.

matière albuminoïde entraînée. La solution obtenue précipite le sulfate de magnésie ammoniacal; traitée par l'acétate de soude en excès, elle donne avec l'oxalate d'ammoniaque un abondant précipité. Le dépôt qui s'est formé est donc du phosphate de chaux.

La séparation de ce sel s'accorde bien avec l'hypothèse que j'ai émise; en même temps, elle nous fait apercevoir un fait nouveau; c'est grâce aux matières protéiques solubles que le phosphate de chaux est maintenu en dissolution. Dans notre expérience, la chaleur, en modifiant la caséine pour l'amener à une forme plus concrète et moins acide, a rendu impossible la solubilité totale du sel calcaire et une certaine quantité s'est déposée.

Réciproquement, si notre supposition est exacte, le phénomène inverse doit se produire, c'est-à-dire que le lait filtré et chauffé, duquel s'est séparé le phosphate de chaux, doit redevenir limpide après refroidissement; c'est en effet ce qui arrive en agitant le liquide à plusieurs reprises (1).

On peut, d'ailleurs, se rendre compte des modifications apportées dans l'acidité par la chaleur au moyen d'un dosage sur le lait filtré et un autre sur le lait chauffé, débarrassé du sel calcaire et refroidi. Dans le premier cas, il faut $1^{cc},6$; dans le second, 2 centimètres cubes sont nécessaires; l'acidité a donc diminué d'un quart quand on a élevé la température du liquide; après le refroidissement, elle s'est au contraire accrue d'une proportion égale, le phosphate de chaux n'étant plus là pour rétablir l'équilibre.

Ces expériences jettent une vive lumière, non seulement sur la question qui nous occupe, mais encore sur la manière d'être des matières protéiques du lait. Leur rôle ne consiste pas seulement à apporter au jeune mammifère les matériaux plastiques qui lui sont nécessaires pour former son sang et ses tissus; grâce à leur solubilité et à leur acidité différentes, elles transportent avec elles, à des états d'assimilation divers, la chaux et l'acide phosphorique nécessaires au développement normal du squelette.

En zoologie, c'est la fonction qui crée l'organe; ici, ce sont les exigences physiologiques qui créent la fonction chimique; si j'avais à définir la caséine, je lui donnerais comme caractère primordial cette *faculté élective* de s'approprier dans l'organisme

(1) Il est d'une importance capitale d'opérer sur un liquide n'ayant pas du tout subi la fermentation lactique; dès que cet acide se trouve en proportion appréciable, la précipitation du phosphate de chaux ne se fait plus, le liquide devient opalescent et reste tel quand il est refroidi.

de la mère, au milieu des nombreuses matières salines qu'elle rencontre, la chaux et le phosphate de chaux (1).

Dans sa chimie physiologique, Liebig avait déjà entrevu cette propriété de la matière protéique du lait (2). Il s'exprime en ces termes: « La caséine renferme en combinaison chimique bien plus de substance osseuse que le sang lui-même, et cette substance osseuse s'y trouve dans un état de solution extrême, de sorte qu'elle peut être aisément transportée dans toutes les parties du corps. Ainsi, par le lait, le jeune animal reçoit à la fois tous les principes organiques et tous les principes minéraux nécessaires à la formation du sang et des os. »

Maintenant il nous est facile d'apprécier les chiffres qui expriment l'acidité dans le lait des différentes espèces ; ils dépendent étroitement pour le *lait normal* de la nature et de la quantité des matières protéiques, du phosphate de chaux et de la chaux.

Chez les Ruminants, animaux à croissance rapide dont les caséines sont très voisines, la brebis fournit le lait le plus acide, c'est aussi le plus riche en matières protéiques et en phosphates calcaires. Chez les Équidés, animaux à croissance plus lente, le lait est très sucré et relativement pauvre en éléments minéraux et en matières protéiques, aussi l'acidité est-elle plus faible. Le lait de la femme est à rapprocher de celui de ces animaux.

Nous avons étudié les variations de la réaction et leurs causes avec le lait de vache; il est bien certain qu'elles sont les mêmes avec celui des autres animaux et que tout ce qui a été dit concernant celui-là est également applicable à ces derniers.

L'examen de la composition des *laits anormaux*, dont les analyses sont consignées dans le tableau 5, nous amène à rechercher l'influence des sels solubles du lait sur sa réaction.

Lorsque la vache pleine est sur le point de cesser de donner son lait, celui-ci change de nature; les proportions des divers éléments qui le composent sont considérablement modifiées; le sucre diminue (dans l'échantillon II, il fait même défaut totalement), les éléments azotés augmentent. Il semblerait au premier abord que cette augmentation dût amener une élévation dans l'acidité;

(1) Il n'est pas utile d'invoquer la présence de l'acide citrique dans le lait, comme l'a fait Soxhlet [L'acide citrique dans le lait de vache (*Annales agronomiques*, 1889, p. 430; d'après *Wiener landwirthsch. Zeitung*, 1888, p. 401)], pour expliquer l'excédent de chaux du sérum lacté. Je reviendrai dans une note spéciale sur l'existence de ce sel organique dans le lait.

(2) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie et à la pathologie*. Paris, 1842, p. 58.

nous voyons le contraire arriver, c'est qu'en même temps la constitution des matières minérales a changé et, probablement aussi, la constitution des matières protéiques ; la sécrétion lactée — très faible du reste — ne répondant plus à un besoin physiologique, les phosphates terreux ne se rendent pas à la mamelle, ils vont à l'utérus contribuer à la formation des os du fœtus. Si l'on filtre un lait de ce genre, on trouve que le liquide qui passe a une acidité à peu près nulle; évaporé à siccité et calciné, il donne des cendres fusibles fortement alcalines, contenant peu de phosphate de chaux. Avec la diminution relative de ce dernier élément et l'accroissement des sels solubles, nous enregistrons un abaissement d'acidité.

C'est l'inverse qui se produit quand le vêlage approche, les sels calcaires augmentent et simultanément les matières albuminoïdes se modifient; l'acidité devient alors quatre ou cinq fois plus forte. Le lait du jour même de la parturition a une composition et des propriétés analogues, celui des jours suivants revient peu à peu à l'état normal.

Il me reste encore, ce rôle des éléments calcaires ou alcalins étant élucidé, à rechercher si d'autres matériaux solubles du lait peuvent concourir à lui donner la réaction acide.

Le lait traité par deux volumes d'alcool et filtré a une acidité bien moins élevée que le lait initial ; en employant davantage d'alcool, on obtient des résultats un peu plus faibles, mais dans aucun cas, après le traitement alcoolique, la valeur de la réaction n'est inférieure à 0gr,3 par litre (1). Il est à penser que les sels du lait, qui restent dissous dans l'alcool, sont la cause de cette légère acidité et qu'ils ont, à ce point de vue, une part dans la réaction du lait ; mais la plus importante revient incontestablement aux matières protéiques dont l'état de solubilité est étroitement lié à la fonction acide ainsi que je l'ai démontré.

Je résumerai ainsi ce qui découle de ce paragraphe :

La réaction du lait dépend de la nature et de la quantité des éléments albuminoïdes du lait.

Elle varie lorsque les proportions relatives des matières protéiques (caséines en suspension, colloïdale et soluble) et des phosphates sont modifiées.

(1) J'ai cherché à plusieurs reprises, mais vainement, à retirer du sérum obtenu avec les acides ou la présure les acides fixes libres que certains auteurs ont cru voir exister dans le lait et auxquels on pourrait rapporter l'acidité qui persiste après le traitement alcoolique.

Conclusions.

1° Le lait des mammifères possède une *réaction acide* au moment de la sortie de la mamelle.

2° La valeur de l'acidité du *lait normal* fourni par les femelles d'une même espèce est relativement peu variable.

3° Toutes les influences qui peuvent apporter une perturbation dans la sécrétion lactée (gestation et parturition, régime alimentaire et nature du sol, etc.) provoquent une modification dans l'acidité.

4° La réaction acide du lait est due principalement aux matières protéiques qu'il contient.

5° Les variations d'acidité qui se produisent dans le cours de la lactation dépendent des modifications survenues simultanément dans la nature et les proportions relatives des diverses matières protéiques et des éléments minéraux du lait.

Paris. — Imprimerie Paul Dupont, 4, rue du Bouloi (Cl.) 160.8.92.

Paris. — Soc. d'Imp. PAUL DUPONT, 4, rue du Bouloi (Cl.) 149.7.91.